


MAGNETIC CIRCUIT STRUCTURE AND GAP CONTROL DEVICE

Patent Number: JP2001349371
Publication date: 2001-12-21
Inventor(s): MORITA HIROSHI
Applicant(s): SUMITOMO HEAVY IND LTD
Requested Patent:  JP2001349371
Application Number: JP20000165521 20000602
Priority Number(s):
IPC Classification: F16F15/02; B61B13/08; F16C32/04; F16F15/03
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide magnetic passage structure where the change ratio of a suction force is set to a value higher than a change in a gap by devising formation of a magnetic circuit.
SOLUTION: A magnet assembly 11 in which permanent magnets 14A and 14B are incorporated and a target 2 being a body to which magnetism is attracted are situated opposite to each other. By forming a magnetic circuit having the magnetic passage, running through a gap G, between the magnet assembly 11 and the target 2 by a magnetic force generated by the permanent magnets 14A and 14B, an attraction force is generated between the magnet assembly 11 and the target 2. In this case, the magnetic passage 18 is formed such that magnetic lines of force in the single magnetic circuit 17 make at least two round flows through the gaps G1.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-349371
(P2001-349371A)

(43) 公開日 平成13年12月21日 (2001. 12. 21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)
F 1 6 F 15/02		F 1 6 F 15/02	A 3 J 0 4 8
B 6 1 B 13/08		B 6 1 B 13/08	B 3 J 1 0 2
F 1 6 C 32/04		F 1 6 C 32/04	Z 5 H 6 3 3
F 1 6 F 15/03		F 1 6 F 15/03	B
// H 0 2 K 33/18		H 0 2 K 33/18	A
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-165521(P2000-165521)

(22) 出願日 平成12年6月2日(2000. 6. 2)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社
東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72) 発明者 森田 洋

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
機械工業株式会社平塚事業所内

(74) 代理人 100089015

弁理士 牧野 剛博 (外2名)

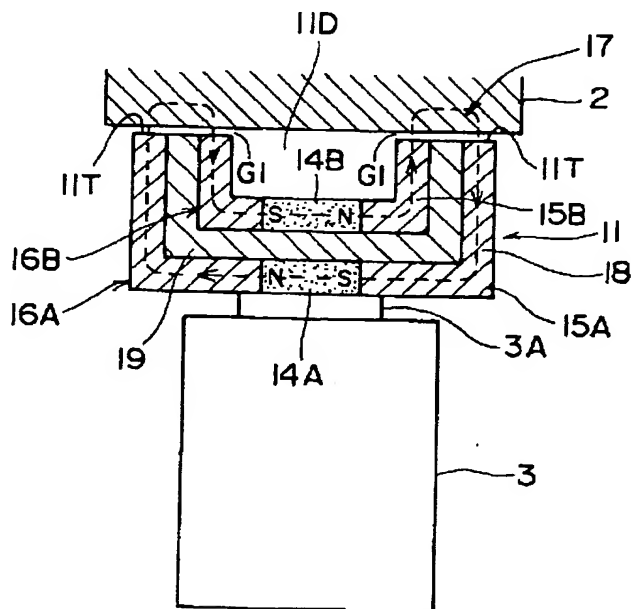
Fターム(参考) 3J048 AC08 AD02 BE09 EA07 EA16
3J102 AA01 BA20 CA03 CA09 CA10
CA25 CA27 DA07 DA11 DA29
DB11
5H633 BB07 HH02 HH06 HH08 HH13
HH16 HH20 HH24 HH27

(54) 【発明の名称】 磁気回路構造及びギャップ制御装置

(57) 【要約】

【課題】 磁路の形成を工夫することにより、ギャップの変化に対して吸引力の変化割合を大きくとれるようにした磁気回路構造を提供する。

【解決手段】 永久磁石14A、14Bを組み込んだマグネットアセンブリ11と被磁気吸引体としてのターゲット2とをギャップG1を挟んで対向配置し、永久磁石14A、14Bの発生する磁力によってマグネットアセンブリ11とターゲット2間にギャップGを通過する磁路18を有する磁気回路17を形成することにより、マグネットアセンブリ11とターゲット2間に吸引力を発生させる。この場合に、前記1つの磁気回路17中の磁力線が前記ギャップG1を少なくとも2往復するように磁路18を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】2つの部材をギャップを挟んで対向配置すると共に、該2つの部材間に前記ギャップを通過する磁路を有する磁気回路を形成し、この2つの部材間に所定の吸引力を発生させる磁気回路構造において、前記磁気回路を、該磁気回路中の磁路が前記2つの部材間のギャップを少なくとも2往復するように形成したことを特徴とする磁気回路構造。

【請求項2】請求項1において、前記2つの部材のうちの少なくとも一方側の部材に、非磁性体を間に介在させることによって互いに磁気遮蔽した2以上の磁路形成部を配置すると共に、前記2以上の磁路形成部それぞれの両端面を前記2つの部材のうちの他方側の部材に対しギャップを挟んで対向させ、前記磁気回路によって発生する磁力線が該他方側の部材と前記2以上の磁路形成部それぞれの両端面との間を順次直列に結んだ経路を巡るように、該磁気回路の磁路を形成したことを特徴とする磁気回路構造。

【請求項3】請求項2において、前記2以上の磁路形成部それぞれに、磁石が含まれることを特徴とする磁気回路構造。

【請求項4】請求項2において、前記2以上の磁路形成部の少なくとも1つが、自身に磁石を含まないことを特徴とする磁気回路構造。

【請求項5】請求項2～4のいずれかにおいて、前記磁路形成部として、第1の磁路形成部と第2の磁路形成部とを、間に前記非磁性体を挟んでそれぞれ断面コ字状に形成すると共に、この順にこれら3者を積層一体化することにより全体が断面コ字状の前記一方側の部材を構成し、このコ字形の先端面を前記他方側の部材に対してギャップを挟んで対向配置したことを特徴とする磁気回路構造。

【請求項6】請求項5において、前記第1の磁路形成部と非磁性体と第2の磁路形成部とを大きさを順次変えて半径断面コ字状のリング体として形成し、この順にこれら三者を嵌合して積層一体化することにより全体が半径断面コ字状のリング形とされた前記一方側の部材を構成したことを特徴とする磁気回路構造。

【請求項7】請求項5において、前記第1の磁路形成部と非磁性体と第2の磁路形成部とを同じ大きさでそれぞれ断面コ字状に形成すると共に、この順にこれら三者を横に並べて積層一体化することにより全体が断面コ字状とされた前記一方側の部材を構成したことを特徴とする磁気回路構造。

【請求項8】請求項1～7のいずれかに記載の磁気回路構造を備え、且つ、前記2つの部材間のギャップの大きさを指標として該2つの部材のうちのいずれかをフィードバック駆動するこ

とにより両部材間の磁気吸引力を所定の値に制御し、以て前記ギャップの大きさを一定に維持し得る駆動手段を備えたことを特徴とする2つの部材間のギャップ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気浮上装置やアクティブサスペンション等に適用可能な磁気回路構造、及びこの磁気回路構造を利用したギャップ制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁力、或いは磁気吸引力を利用した動作機構は非接触で精密な駆動が可能なため、半導体、液晶などのクリーン環境が要求される製造装置や精密駆動装置への応用が期待されている。特に、永久磁石を利用した動作機構は電磁石のように発熱したりしないため応用範囲が広く、例えば磁気浮上装置やリニアモータの案内装置等実際に適用されている。

【0003】これらの装置においては、磁石と磁性体、あるいは磁石同士の距離（ギャップ）の制御を、高速、高分解能、高剛性で行わなければならない。そのため、例えば磁気浮上装置等においては、高応答性を確保するためにこのギャップの管理に圧電素子を利用することが多い。

【0004】図9は磁気位置決め装置（アクティブサスペンション）に利用される従来の磁気回路構造の例を示している。

【0005】図示の磁気回路構造において、1はマグネットアセンブリ（2つの部材のうちの一方の部材）、2は磁性体で構成された被磁気吸引体（被位置決め体）としてのターゲット（他方の部材）、3は圧電素子（駆動手段）である。

【0006】マグネットアセンブリ1は、図10に斜視図で示すように、永久磁石4と、その両磁極（N極、S極）に結合されたコア5、5とからなり、全体が断面コ字状に構成されている。

【0007】ターゲット2は、図示せぬ付勢手段（マグネットアセンブリ1側から見て離反手段）によって図の上方に向けた付勢力（離反力）を常に受けている。

【0008】圧電素子3は、マグネットアセンブリ1を微駆動して、マグネットアセンブリ1とターゲット2間のギャップGの大きさを調節する。

【0009】この磁気回路構造においては、マグネットアセンブリ1のコ字形の両先端面1T、1Tが、ギャップGを挟んでターゲット2と対向配置される。その結果、永久磁石4の発生する磁力によってマグネットアセンブリ1とターゲット2間に、ギャップGを通過する磁路8を有する磁気回路7が形成され、マグネットアセンブリ1とターゲット2間に吸引力が発生するようになっていく。

【0010】ギャップGの大きさが変化すると磁気回路7の磁路8における磁力線の強さが変化する。この特性を利用して、ギャップGの大きさを検出してこれを一定に維持するように圧電素子3を駆動する電流をフィードバック制御すると、結果としてマグネットアッセンブリ1とターゲット2間に働く吸引力が一定に制御され、ターゲット2を所定の位置に吸引・維持することができる。

【0011】なお、図9、10のそれぞれの上下を逆にすると、ターゲット2を（重力に逆らって）吸引・浮上させる磁気浮上装置として機能させることができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、圧電素子3は駆動部3Aの変位量が小さいために、ギャップGを制御する際のストロークが大きくとれず、そのため、マグネットアッセンブリ1とターゲット2間の吸引力の変化を大きくできないという問題がある。

【0013】一般に圧電素子は複数個を積層することにより、ある程度ストロークを大きくすることができるが、大型化してしまうという問題がある。そこで、ストロークを大きくするために、機械的なテコを応用して変位量を拡大する試みもなされているが、機構が複雑になる上、剛性が低下し、又、慣性質量が大きくなるため、応答性やハンチングの問題が新たに発生することになる。

【0014】本発明は、上記事情を考慮し、磁路の形成を工夫することにより、ギャップの変化に対して吸引力の変化割合を大きくとれるようにし、装置全体の複雑化や大型化を回避すると共に、高剛性、高安定性を実現することのできる磁気回路構造を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、2つの部材をギャップを挟んで対向配置すると共に、該2つの部材間に前記ギャップを通過する磁路を有する磁気回路を形成し、この2つの部材間に所定の吸引力を発生させる磁気回路構造において、前記磁気回路を、該磁気回路中の磁路が前記2つの部材間のギャップを少なくとも2往復するように形成したことにより、前記課題を解決したものである。

【0016】ここで、2つの部材は、前記磁気回路を形成するために、その一方のみに磁石を含ませ、他方は単なる磁性体だけで構成することもできるし、双方に磁石を含ませた構成とすることもできる。

【0017】この発明の磁気回路構造では、1つの磁気回路中の磁力線がギャップを少なくとも2回以上往復するようにしているので、ギャップを通過する回数分だけ、吸引力自体は低下するが、ギャップの変動に対する吸引力の変化量を増大させることができる。即ち、少ないギャップ変化量で、大きな吸引力変化を得ることがで

きる。言い換えると、ギャップ変化を指標として吸引力を変化させる制御を行う場合に、同じギャップ変化に対し高ゲインの応答が可能となり、制御性を向上させることができる。従って、例えば圧電素子によって微小なギャップ変化量しか与えることができなくても、磁気浮上制御等に関与する吸引力の変動量を大きくとることができ、ギャップ制御等の確実化ないしは容易化を図ることができる。

【0018】なお、全体の吸引力の低下については、組み込む永久磁石の磁力を大きくすることにより対処できるため、特に大きな問題は生じない。又、てこ等の機械的なゲイン増幅機構を持たないため、系の慣性質量増大による応答性の低下やハンチングの発生等の問題も生じない。

【0019】ここで、「2つの部材間のギャップを2回以上往復する」とは、必ずしも単一のギャップを磁路が2回以上往復する必要はなく、例えば片道、或いは一往復のみ磁路が通過するようなギャップを複数有するような構成であっても良い。要は、「2つの部材間に存在する（単一又は複数の）ギャップを、結果として磁路が2回以上往復・通過するようにして単一の磁気回路が形成される」構成となっていれば足りる。

【0020】この具体的な構成としては、例えば、前記2つの部材のうちの少なくとも一方側の部材に、非磁性体を間に介在させることによって互いに磁気遮蔽した2以上の磁路形成部を配置すると共に、前記2以上の磁路形成部それぞれの両端面を前記2つの部材のうちの他方側の部材に対しギャップを挟んで対向させ、前記磁気回路によって発生する磁力線が該他方側の部材と前記2以上の磁路形成部それぞれの両端面との間を順次直列に結んだ経路を巡るように、該磁気回路の磁路を形成する構成が採用できる（請求項2）。

【0021】この場合、ギャップを挟んで対向する部分以外の場所での磁路の短絡が起きないように、ギャップを形成する端面以外の部分と他方の部材と間の距離や非磁性体の厚み等をギャップの大きさに対し十分に大きくする必要がある。

【0022】なお、磁路形成部の全てに磁石を含ませてもよいし（請求項3）、磁石を含まない磁路形成部があってもよい（請求項4）。

【0023】全ての磁路形成部に磁石を含ませた場合は、磁気回路全体の磁力をそれだけ増大させることができ、吸引力の増大が図れる。又、1つの磁路形成部に2個以上の磁石を組み込んでもちろん良く、その場合は一層吸引力の増大が図れる。

【0024】ここで、「磁路形成部に磁石を含ませる」とは、磁性体よりなるコアの中に磁石を埋め込む構成とする場合や、磁石の片極や両極にコアを結合する構成とする場合のほか、1個の磁路形成部の全体を1個の磁石とする構成とする場合等を含む。即ち、磁路形成部自体

が、コアの有る無しに拘わらず、1個の磁石としての機能を果たす構成をも含むものとする。

【0025】一方、磁石を含まない磁路形成部を設けた場合は、当該磁路形成部は、他の磁路形成部に含まれる磁石の磁力線を通す磁性体としての機能のみを果たすことになるが、磁石を含まない分だけ、コンパクトに形成できる上、形状の自由度などが増し、コストダウンも図れる。即ち、形状のあるいは寸法的に磁石を組み込めない場所に、このような磁石を含まない磁路形成部を配置し、形状のあるいは寸法的に余裕のある場所に、磁石を含む磁路形成部を配置することにより、当該磁気回路構造を設計する際の自由度を増大させることができる。

【0026】請求項5～請求項7は、前記一方の部材の形状的な特徴面から本発明の磁気回路構造を捉えたものであり、請求項5の発明は、前記磁路形成部として、第1の磁路形成部と第2の磁路形成部とを、間に前記非磁性体を挟んでそれぞれ断面コ字形に形成すると共に、この順にこれら3者を積層一体化することにより全体が断面コ字形の前記一方側の部材を構成し、このコ字形の先端面を前記他方側の部材に対してギャップを挟んで対向配置したことにより、前記課題を解決したものである。

【0027】請求項6の発明は、請求項5の発明を更に具体化したものであり、前記第1の磁路形成部と非磁性体と第2の磁路形成部とを大きさを順次変えて半径断面コ字形のリング体として形成し、この順にこれら三者を嵌合して積層一体化することにより全体が半径断面コ字形のリング形とされた「一方側の部材」を構成したことを特徴としている。

【0028】なお、リング形の一方側の部材の中心孔を何らかの部材により塞いで、全体を円盤状にしたものもこの発明に含まれる。

【0029】又、請求項7の発明は、請求項5の発明を他の手法で具体化したものであり、前記第1の磁路形成部と非磁性体と第2の磁路形成部とを同じ大きさでそれぞれ断面コ字形に形成すると共に、この順にこれら三者を横に並べて積層一体化することにより全体が断面コ字形とされた前記一方側の部材を構成したことを特徴としている。

【0030】なお、本磁気回路構造において磁気回路を形成するための磁石としては、電磁石を用いることもできるが、永久磁石を用いると、発熱の影響を受けずに、ギャップ制御を精度良く行うことができる。又、発熱の影響を嫌う場所へも適用することができることとなるため、応用範囲がより広がる。

【0031】請求項8の発明は、本発明を2つの部材のギャップ制御装置に応用したもので、請求項1～7のいずれかに記載の磁気回路構造を備え、且つ、前記2つの部材間のギャップの大きさを指標として該2つの部材のうちのいずれかを（相手側部材に対し）フィードバック駆動することにより両部材間の磁気吸引力を所定の値に

制御し、以て前記ギャップの大きさを一定に維持し得る駆動手段を備える。

【0032】駆動手段としては、例えば圧電素子を利用することができ、この駆動手段によりギャップの大きさを変えることにより、2つの部材間に働く吸引力を変化させることができる。その際、前述したように、磁気回路中の磁路がギャップを2往復以上していることから、ギャップ調整のストローク変化に敏感に応じた吸引力変化を得ることができ、制御性をそれだけ向上させることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0034】図1は本発明の第1実施形態の磁気回路構造を示す断面図、図2は同磁気回路構造を構成するマグネットアセンブリの斜視図である。

【0035】この磁気回路構造は、永久磁石14A、14Bが組み込まれたマグネットアセンブリ（一方の部材）11と、磁性材料よりなる被磁気吸引体としてのターゲット（他方の部材）2と、圧電素子（駆動手段）3とを備える。

【0036】マグネットアセンブリ11は、側断面形状がコ字形に形成されており、その2つの先端面11Tが、ターゲット2に対しギャップG1を挟んで対向配置されている。

【0037】ターゲット2は、図示せぬ付勢手段（或いは吸引手段）によって図の上方に向けた付勢力（吸引力）を常に受けている。

【0038】圧電素子3は、マグネットアセンブリ1を微駆動して、マグネットアセンブリ1とターゲット2間のギャップG1の大きさを調節する。

【0039】この磁気回路構造においては、前述したように、マグネットアセンブリ1のコ字形の両先端面11T、11Tが、ギャップG1を挟んでターゲット2と対向配置される。その結果、永久磁石14A、14Bの発生する磁力によって、マグネットアセンブリ11とターゲット2間に、ギャップG1を通過する磁路18を有する1つの磁気回路17が形成され、それにより、マグネットアセンブリ11とターゲット2間に吸引力が発生するようになっている。

【0040】なお、マグネットアセンブリ11は、圧電素子3の駆動部3Aに固定されている。

【0041】図2に示すように、マグネットアセンブリ11は、第1及び第2の2つの磁路形成体（磁路形成部）16A、16Bと、それらの間に挟まれて両磁路形成体16A、16B間を磁気遮蔽する非磁性体製のスペーサ19とから構成されている。

【0042】各磁路形成体16A、16Bは、磁性体材料よりなるコア15A、15Bと永久磁石14A、14Bとから構成されており、永久磁石14A、14Bの両

極（N極、S極）にコア15A、15Bが結合されている。

【0043】第1の磁路形成体16Aとスペーサ19と第2の磁路形成体16Bは、大きさを順次小さくした断面コ字状に形成されており、この順にこれら三者を外側から内側へ入れ子式に積層一体化することで、断面コ字状のマグネットアッセンブリ11が構成されている。

【0044】即ち、マグネットアッセンブリ11の先端面11Tにおいて、スペーサ19の端面19Tを挟んで並ぶ一对の磁路形成体16A、16Bの各端面16AT、16BTが、ターゲット2に対しギャップG1を挟んで対向していることになる。

【0045】永久磁石14A、14Bの極性は、第1、第2の磁路形成体16A、16Bで逆向きに設定されている。これにより、磁気回路17の磁路18が、ギャップG1を2回往復するように形成される。つまり、磁気回路17によって発生する磁力線が、ターゲット2と磁路形成体16A、16Bのそれぞれの両端面16AT、16BTとの間を順次直列に結んだ経路を巡るように、該磁気回路17の磁路18が形成されている。

【0046】なお、磁路の短絡が起きないように、マグネットアッセンブリ11の凹部11Dの大きさやスペーサ19の厚みは、ターゲット2とマグネットアッセンブリ11間のギャップG1に対して十分大きくなるよう設定されている。

【0047】次に作用を説明する。

【0048】一般に、磁石の吸引力は磁路上の磁気抵抗で決まる。又、空気の磁気抵抗は磁性体の磁気抵抗に比べて十分に大きい。従って、磁路上にエアギャップ（本明細書では単に「ギャップ」と呼んでいる）がある場合、発生する吸引力はエアギャップの大きさによってほぼ決まると言ってもよい。

【0049】図9、図10に示した従来の磁気回路構造では、磁気回路7中にあるギャップG1は2箇所だけで、磁路8はマグネットアッセンブリ1とターゲット2の間を1回往復するだけであったが、上述した本実施形態の磁気回路構造では、磁気回路17中にギャップG1が計4箇所あり、磁路18がマグネットアッセンブリ11とターゲット2の間を2回往復する。即ち、磁路18が磁気回路17を一巡する間にギャップG1を4回通過することになる。

【0050】このため、圧電素子3によりマグネットアッセンブリ11とターゲット2間のギャップG1の大きさを変化させたとき、ギャップG1での磁気抵抗が従来方式の約2倍変化する。従って、同じ駆動ストロークの圧電素子3であっても、大きな磁気抵抗の変化を生じさせることができ、マグネットアッセンブリ11とターゲット2間に大きな吸引力の変化を取り出すことができる。この結果、高ゲイン、高応答性のギャップ制御（吸引力制御）を実現することが可能となる。

【0051】次に本発明の第2実施形態を説明する。

【0052】図3は第2実施形態の磁気回路構造におけるマグネットアッセンブリ21の構成を示す断面図である。

【0053】このマグネットアッセンブリ21は、前記第1実施形態のマグネットアッセンブリ11のコ字状断面を中心軸Lを軸にして回転させ、全体をリング形状に構成している。即ち、このリング状のマグネットアッセンブリ21は、側面視した場合の半径断面がコ字状に形成されており、中心部と外周部にターゲット2とギャップG2を挟んで対向する端面21Tが形成され、この端面21Tがターゲット2に対して対向配置されている。

【0054】マグネットアッセンブリ21とターゲット2間には、ギャップG2を通過する磁路28を有する磁気回路27が全周に亘って同心円状に形成され、それにより、マグネットアッセンブリ21とターゲット2間に吸引力が発生するようになっている。

【0055】前記マグネットアッセンブリ21は、第1及び第2の2つの磁路形成体（磁路形成部）26A、26Bと、それらの間に挟まれて両磁路形成体26A、26B間を磁気遮蔽する非磁性体製のスペーサ29とから構成されている。

【0056】各磁路形成体26A、26Bは、永久磁石24A、24Bと、その両磁極に結合されたコア25A、25Bとから構成されている。又、第1の磁路形成体26Aとスペーサ29と第2の磁路形成体26Bは大きさを順次小さくした半径断面コ字状のリング体として形成されており、この順にこれら三者を外側から内側に入れ子式に嵌合して積層一体化することにより、半径断面コ字状のリング形のマグネットアッセンブリ21が構成されている。従って、コア25A、25B、永久磁石24A、24Bも単独ではリング状に形成されている。

【0057】マグネットアッセンブリ21の端面21Tにおいては、スペーサ29の端面29Tを挟んで並ぶ一对の磁路形成体26A、26Bの各端面26AT、26BTが、ターゲット2に対しギャップG2を挟んで対向している。又、半径方向に着磁された永久磁石24A、24Bの極性は、第1、第2の磁路形成体26A、26Bで逆向きに設定されている。これにより、この場合も磁気回路27によって発生する磁力線が、ターゲット2と磁路形成体26A、26Bのそれぞれの両端面26AT、26BTとの間を順次直列に結んだ経路を巡るように、該磁気回路17の磁路18が形成されることとなり、磁気回路27の磁路28がギャップG2を2往復する。従って前記第1実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0058】次に本発明の第3実施形態を説明する。

【0059】図4は第3実施形態の磁気回路構造を示す断面図、図5は図4のV-V矢視図である。

【0060】本実施形態の磁気回路構造におけるマグネ

ットアッセンブリ31は、図3に示した第2実施形態におけるリング状のマグネットアッセンブリ21を変形したものである。即ち、図3のマグネットアッセンブリ21の二点鎖線枠IVで示す中心部の第1の磁路形成体26A部分を円柱形の（大型且つ強力な）永久磁石34で置き換え、他の箇所の永久磁石（24A、24B）を無くしたもので、形状的には、中心部に1個の円柱状の永久磁石34を組み込んだ円盤状のものである。従ってこの場合のマグネットアッセンブリ31は、リング状のマグネットアッセンブリの中心部を埋めて円盤状としたものであると、ここでは考えることができる。

【0061】このマグネットアッセンブリ31は、第1及び第2の2つの磁路形成体（磁路形成部）36A、36Bと、それらの間に挟まれて両磁路形成体36A、36B間を磁気遮蔽する非磁性体製のスペーサ39とから構成されている。ここで、一方の磁路形成体36Aは、永久磁石34と、その一方の磁極に結合されたコア35Aとから構成されている。又、他方の磁路形成体36Bは、磁石を含まない磁性体のみによって構成されている。

【0062】この磁気回路構造においては、永久磁石34の発生する磁力によって、マグネットアッセンブリ31とターゲット2間に、ギャップG3を通過する磁路38を有する磁気回路37が形成され、それにより、マグネットアッセンブリ31とターゲット2間に吸引力が発生する。

【0063】マグネットアッセンブリ31の端面31Tにおいては、スペーサ39の端面39Tを挟んで同心円状に並ぶ一対の磁路形成体36A、36Bの各端面36AT、36BTが、ターゲット2に対し前記ギャップG3を挟んで対向しており、磁気回路37中の点線で示す磁力線38が、ギャップG3を2回往復するように磁路28が形成されている。

【0064】この場合も、図3の例と同じく、磁路38がギャップG3を2往復するので、前記第1実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0065】又、この第3実施形態におけるマグネットアッセンブリ31の場合は、1個の円柱状永久磁石34をリングの中心部に配置するだけで、他には永久磁石を配置しないので、構成が簡単でコンパクト且つ低コストに作ることができる。

【0066】又、円柱状の永久磁石34を用いるので、図3のように半径方向に着磁した特殊な永久磁石24A、24Bを用いる構造に比べて、より強力な永久磁石を簡単且つ安価に入手することができる。

【0067】次に本発明の第4実施形態を説明する。

【0068】図6は第4実施形態の磁気回路構造を示す斜視図、図7は同磁気回路構造を構成するマグネットアッセンブリの斜視図である。

【0069】図1に示した第1実施形態のマグネットア

ッセンブリ11の場合は、大きさを順次遅えて断面コ字状に形成した第1の磁路形成体16Aとスペーサ19と第2の磁路形成体16Bとを、この順に外側から内側へ向かって重ねて積層一体化していたが、本第4実施形態のマグネットアッセンブリ41の場合は、第1の磁路形成体（磁路形成部）46Aと非磁性体製のスペーサ49と第2の磁路形成体（磁路形成部）46Bとを同じ大きさの断面コ字状に形成し、この順にこれら三者を横に平行に並べて積層一体化し、断面コ字状のマグネットアッセンブリ41を構成している。

【0070】各磁路形成体46A、46Bは、磁性体材料よりなるコア45A、45Bと永久磁石44A、44Bとから構成されており、永久磁石44A、44Bの両極（N極、S極）にコア45A、45Bが結合されている。

【0071】又、断面コ字状に形成されたマグネットアッセンブリ41の2つの先端面41Tが、ターゲット42に対しギャップG4を挟んで対向配置されている。この結果、永久磁石44A、44Bの発生する磁力によって、マグネットアッセンブリ41とターゲット42間に、ギャップG4を通過する磁路48を有する単一の磁気回路47が形成され、それによりマグネットアッセンブリ41とターゲット42間に吸引力が発生するようになっている。

【0072】断面コ字状のマグネットアッセンブリ41の両先端面41Tにおいては、スペーサ49の端面49Tを挟んで並ぶ一対の磁路形成体46A、46Bの各端面46AT、46BTが、ターゲット42に対しギャップG4を挟んで対向している。

【0073】一方、ターゲット42側は、磁性材料で形成した2つの磁路形成体42A、42Bと、それらの間に挟まれて両磁路形成体42A、42Bを磁気遮蔽する非磁性体製のスペーサ43とから構成されている。両側の磁路形成体42A、42B及びスペーサ43は側面視コ字状に形成されており、マグネットアッセンブリ41に対向する面に凹部42Dが設けられている。この凹部42Dは磁気回路47の磁路48の短絡を防止するためのものである。

【0074】マグネットアッセンブリ41の磁路形成体46A、46Bと、ターゲット42の磁路形成体42A、42Bは90度、方向をずらした（回転した）対応関係にあり、マグネットアッセンブリ41の2つの先端面41T、41Tが、ターゲット42側の磁路形成体42A、42Bに対面している。

【0075】又、永久磁石44A、44Bの極性が、第1、第2の磁路形成体46A、46Bで逆向きに設定されており、これにより、磁気回路47によって発生する磁力線が、ターゲット42と磁路形成体46A、46Bのそれぞれの両端面46AT、46BTとの間を順次直列に結んだ経路を巡るように、該磁気回路47の磁路4

8が形成されることとなり、磁気回路47の磁路48がギャップG4を2往復する。従って前記第1実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0076】なお、上記第1～第4の実施形態では、磁気回路中の磁路が、ギャップを2往復する場合を示したが、より多数回往復するように構成してもよい。

【0077】図8の第5実施形態の磁気回路構造では、1つの磁気回路57中の磁路58がギャップGを3往復するように磁路を構成している。

【0078】この第5実施形態の場合、マグネットアセンブリ51を、第1～第3の3つの磁路形成体（磁路形成部）56A、56B、56Cと、それらを互いに磁気遮蔽するスペーサ（非磁性体）59とで構成している。各磁路形成体56A、56B、56Cは、コア55A、55B、55Cと永久磁石54A、54B、54Cとで構成されている。なお、第1の磁路形成体56Aには、永久磁石54Aが直列に2個配置されている。

【0079】マグネットアセンブリ51には、凹部51Dを挟んで3つの端面51Tが形成され、各端面51Tにおいてスペーサ59の端面59Tを挟んで並ぶ1対の磁路形成体56A、56B、56Cの各端面56AT、56BT、56CTが、ターゲット2に対しギャップG5を挟んで対向している。

【0080】又、永久磁石54A、54B、54Cの極性が、外側の第1の磁路形成体56Aと、内側の第2、第3の磁路形成体56B、56Cとで逆向きに設定されており、これにより、マグネットアセンブリ51とターゲット2間で形成される磁気回路57中の点線で示す磁路58が、ギャップG5を3回往復するように磁路が形成されている。即ち、ターゲット2とギャップG5を挟んで対向された第1、第2、第3の磁路形成体56A、56B、56Cのそれぞれの両端面56AT、56BT、56CTとの間を順次直列に結んだ経路を巡るように、（単一の）磁気回路47の磁路58が形成されていることになる。

【0081】この磁気回路構造においては、永久磁石54A～54Cの発生する磁力によって、マグネットアセンブリ51とターゲット2間に、ギャップG5を通過する前記磁路58を有する磁気回路57が形成され、それにより、マグネットアセンブリ51とターゲット2間に吸引力が発生する。

【0082】この場合、磁気回路57中にギャップG5が6箇所あり、磁路58がマグネットアセンブリ51とターゲット2の間を3回往復する。つまり、磁路58が磁気回路57を一巡する間にギャップG5を6回通過することになるため、図示しない圧電素子によりマグネットアセンブリ51とターゲット2間のギャップG5の大きさ変化させたとき、磁気回路57中の磁気抵抗が従来方式の約3倍変化することになり、従って、同じ駆動ストロークの圧電素子であっても、マグネットアッ

センブリ51とターゲット2との間の吸引力を大きく変化させることができる。

【0083】なお、この例でも必ずしも全部の磁路形成体に永久磁石を配置しなくてもよい。

【0084】又、上記各実施形態では磁石として永久磁石を組み込んだ場合を説明したが、永久磁石の代わりに電磁石を配置してもよい。

【0085】又、上記実施形態では、ターゲット2、42側は磁石を含まない磁性体のみで構成していたが、ターゲット側にも磁石を組み込んで、マグネットアセンブリ側とターゲット側の双方の磁石同士で吸引力を発生させるようにしてもよく、ターゲット側にのみ磁石を組み込むようにしてもよい。いずれの場合も1つの磁気回路において、磁石が直列に並ぶように磁石の極性を配置し、1つの磁気回路中の磁力線がギャップを2回以上往復するように磁路を形成すれば本発明を実現できる。

【0086】これらの磁気回路構造は、従来と同様に磁気浮上装置や磁気位置決め装置のギャップ制御装置に応用することができる。即ち、これらの磁気回路構造におけるそれぞれのギャップの大きさを指標として、圧電素子のような駆動手段によって2つの部材のうちのいずれかを（相手側部材に対し）フィードバック駆動するようにすれば、両部材間の磁気吸引力を高ゲインで所定の値に制御することができることから、結果としてギャップの大きさを安定して一定に維持することのできるギャップ制御装置が得られることになる。

【0087】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、1つの磁気回路中の磁力線がギャップを2回以上往復するように2つの部材間に磁路を形成したので、ギャップの変化に対して吸引力の変化量を大きくとることができる。そのため、同じギャップ変化に対し、高ゲインの応答が可能となり、制御性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の磁気回路構造の断面図

【図2】図1の磁気回路構造を構成するマグネットアセンブリの斜視図

【図3】本発明の第2実施形態の磁気回路構造を構成するマグネットアセンブリの断面図

【図4】本発明の第3実施形態の磁気回路構造の断面図

【図5】図4のV-V矢視図

【図6】本発明の第4実施形態の磁気回路構造の断面図

【図7】図6の磁気回路構造を構成するマグネットアセンブリの斜視図

【図8】本発明の第5実施形態の磁気回路構造の断面図

【図9】従来の磁気回路構造の断面図

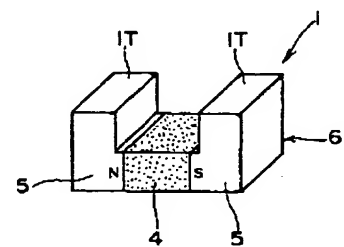
【図10】図9の磁気回路構造を構成するマグネットアセンブリの斜視図

【符号の説明】

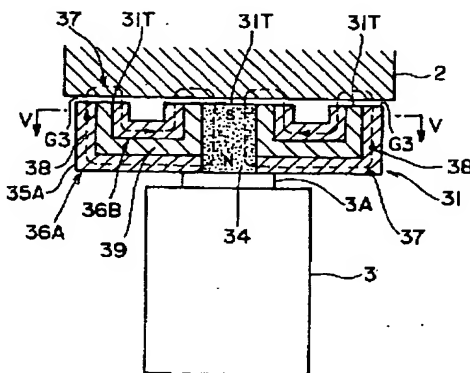
G1～G5…ギャップ

19 T、29 T、39 T、49 T、59 T…端面

【図 10】



【図 4】



【図5】

